

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA - PPGB

JULIA BRITO LACET

***Egeria densa* PLANCH. COMO ESPÉCIE INVASORA EM
RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO**

RECIFE – PE

2017

JULIA BRITO LACET

Egeria densa PLANCH. COMO ESPÉCIE INVASORA EM
RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE como requisito para a obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientador: Dr. Ênio Wocyli Dantas

Co-orientadora: Dra. Ariadne do Nascimento
Moura

RECIFE – PE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

- L131e Lacet, Julia Brito
 Egeria densa Planch como espécie invasora em reservatórios
do semiárido / Julia Brito Lacet. – 2017.
 58 p.: il.
- Orientador: Ênio Wocyli Dantas.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Recife,
BR-PE, 2017.
 Inclui referências e anexo(s).
1. Cobertura vegetal 2. Plantas aquáticas 3. Reservatórios
4. Sucesso de invasão I. Dantas, Ênio Wocyli, orient. II. Título

CDD 581

*Dedico este trabalho a minha amada mãe
por todos os anos devotados à minha
educação.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e me conduzir pelos melhores caminhos.

A minha mãe por ser meu suporte, minha força, meu amor, minha vida.

Ao Professor Ênio por ser mais que um orientador, ser um pai dentro e fora da academia.

A Professora Ariadne pela confiança e incentivo.

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida.

Ao Programa de Pós-graduação em Botânica pelo apoio financeiro e infraestrutura.

A Kênia Freitas e ao Professor Reginaldo por todo carinho e presteza.

Ao corpo docente pela contribuição com ensinamentos e maturidade.

Aos avaliadores deste trabalho no Seminário A, Dr. Kleber de Andrade Silva, e no Seminário

B, Dra. Karine Matos Magalhães.

Aos avaliadores da Pré-banca por disponibilizarem seu tempo para contribuir com críticas e

sugestões destinadas ao crescimento deste trabalho.

Ao Professor Etham por ter-me dado a oportunidade de fazer parte do Projeto Rehis

*A Universidade Estadual de Paraíba pelo apoio logístico concedido ao desenvolvimento da
pesquisa.*

A Irma por ter tantas vezes me auxiliado nas coletas.

A Alan e Renato por serem grandes companheiros nessa caminhada.

*A Miza, Dinha, Lívia, Ray, Beth, Ruanny por aceitarem morar comigo e serem a melhor
família do mundo.*

Aos meus amigos do laboratório de Botânica.

Aos companheiros de viagem de Campina Grande.

Aos meus tios por me receberem em sua casa antes das coletas.

Aos barqueiros por todos os ensinamentos de vida ao longo destes anos.

A vida pela oportunidade de chegar aqui.

*“Os vales secos fazem-se rios. Insulam-se os cômoros
escalvados, repentinamente verdejantes. (...) E o sertão é um
vale fértil. É um pomar vastíssimo, sem dono. Depois tudo
isto se acaba. Voltam os dias torturantes, a atmosfera
asfisiadora, o empedramento do solo, a nudez da flora, e nas
ocasiões em que os estios se ligam sem a intermitência das
chuvas -o espasmo assombrador da seca.”*
*“O sertanejo é, antes de tudo, um forte. Não tem o raquitismo
exaustivo dos mestiços neurastênicos do litoral.”*

Trechos de “Os Sertões” – Euclides da Cunha.

JULIA BRITO LACET

Egeria densa Planch. como espécie invasora em reservatórios do semiárido

Dissertação defendida em: 15/02/2017

Presidente da Banca/Orientador

Dr. Ênio Wocyli Dantas (UEPB)

Examinadores Titulares

Dr. José Etham de Lucena Barbosa (UEPB)

Dra. Karine Matos Magalhães (UFRPE)

Dra. Carmen Silvia Zickel (UFRPE)

Examinadora Suplente

Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz (IFPE)

RECIFE – PE

2017

Lacet, Julia Brito

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Egeria densa Planch. como espécie invasora em reservatórios do semiárido

Orientador: Ênio Wocyli Dantas

Coorientadora: Ariadne do Nascimento Moura

Resumo Geral

As invasões biológicas são um problema de magnitude global, que podem gerar prejuízos econômicos e ambientais. Para entender porque algumas espécies conseguem obter “sucesso de invasão” é preciso compreender as etapas desse processo: introdução, estabelecimento e naturalização. O objetivo deste trabalho é compreender quais fatores (climático, físico-químico ou diversidade) permitiram o sucesso de invasão de *Egeria densa*, em reservatórios do semiárido nordestino, durante as duas primeiras fases da invasão. As coletas ocorreram entre julho de 2015 a julho de 2016, em seis reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Norte – Brasil. Ao todo obtive-se 158 unidades amostrais, correspondentes a bancos de macrófitas de área total 2500 m², onde amostrou-se o percentual de cobertura de todas as espécies em 4 m² distribuídos na área total. O percentual mínimo de cobertura para ser invasor foi de 25%. Para compreender quais fatores eram determinantes para a introdução foram aplicados PERMANOVA, Teste de Wilcoxon e Regressão logística Múltipla. Para a mesma compreensão referente à fase de estabelecimento, aplicou-se PERMANOVA, Teste de Wilcoxon e GLM de família “gaussian”. *E. densa* ocorreu em três reservatórios, sendo invasora apenas em dois. A ocorrência ou não da espécie foi registrada em unidades amostrais que se diferenciaram em termos de variáveis abióticas, como temperatura, condutividade, turbidez, sólidos totais dissolvidos, salinidade, nitrogênio total, ortofosfato e fósforo total. Porém a regressão logística considerou como variáveis determinantes precipitação, sólidos totais dissolvidos e riqueza. Enquanto, analisando-se apenas as unidades amostrais com o táxon, não houve diferença significativa entre as variáveis em virtude do percentual de cobertura ser invasor ou não. Todavia, para o estabelecimento da espécie precipitação e temperatura foram os fatores apontados pelo modelo como determinantes. Assim, conclui-se que ao se analisar o sucesso de invasão da espécie, é mais provável que esta não consiga ser introduzida que estabelecida

Palavras-chave: Cobertura vegetal, Plantas aquáticas, Reservatórios e Sucesso de invasão

Lacet, Julia Brito

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Egeria densa Planch. como espécie invasora em reservatórios do semiárido

Orientador: Ênio Wocyli Dantas

Coorientadora: Ariadne do Nascimento Moura

Abstract

Biological invasions are a problem of global magnitude, which can cause economic and environmental damage. In order to understand why some species can achieve "invasion success" one must understand the stages of this process: introduction, establishment and naturalization. The objective of this work is to understand which factors (climatic, physico-chemical or diversity) allowed the successful invasion of *Egeria densa*, in reservoirs of the northeastern semi-arid region, during the first two phases of the invasion. The collections occurred between July 2015 and July 2016, in six reservoirs of the Paraíba do Norte River Basin - Brazil. A total of 158 samples, corresponding to macrophyte banks with a total area of 2500 m², were used to show the coverage percentage of all species in 4 m² distributed in the total area. The minimum percentage of coverage to be invasive was 25%. To understand which factors were determinant for the introduction were applied PERMANOVA, Wilcoxon Test and Multiple Logistic Regression. For the same understanding regarding the establishment phase, we applied PERMANOVA, Wilcoxon test and GLM of the "gaussian" family. *E. densa* occurred in three reservoirs, being invasive in only two. The occurrence or not of the species was recorded in sample units that differed in terms of abiotic variables, such as temperature, conductivity, turbidity, total dissolved solids, salinity, total nitrogen, orthophosphate and total phosphorus. However, logistic regression considered precipitation, total dissolved solids and richness as determinant variables. While, by analyzing only the sample units with the taxon, there was no significant difference between the variables due to the percentage of coverage being invasive or not. However, for the establishment of the species precipitation and temperature were the factors indicated by the model as determinants. Thus, it was concluded when analyzing the invasion success of the species, that it is more likely that it can not be introduced than established.

Keywords: Aquatic Plants, Invasion Success, Plant Coverage and Reservoirs.

LISTA DE FIGURAS

Manuscrito

Figura 1. Bacia do Rio Paraíba do Norte, com destaque para os reservatórios de coleta do estudo.....	29
---	----

LISTA DE TABELAS

Referencial Teórico

Tabela 1- Hipóteses citadas no estudo de Johnstone (1986) que relacionam teorias iniciais para explicar o sucesso das invasões.	15
--	----

Manuscrito

Tabela 1. Dados Morfométricos máximos dos Reservatórios estudados localizados no estado da Paraíba – Brasi.	30
Tabela 2. Valores médios (Máximos) de cobertura vegetal por reservatório, no estado da Paraíba – Brasil.....	32
Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão das variáveis abióticas de acordo com a introdução de <i>Egeria densa</i> e com seu estabelecimento em reservatório do estado da Paraíba – Brasil.....	34
Tabela 4. Resultado da Regressão Logística para introdução de <i>E. densa</i> e da GLM para o Estabelecimento de <i>E. densa</i>	34

SUMÁRIO

Resumo Geral	viii
Abstract	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xi
1. Introdução	13
2. Objetivo	14
3. Revisão de Literatura	14
3.1 Histórico da teoria das invasões biológicas	14
3.2 Sucesso de invasão	16
3.3 Caracterização de <i>Egeria densa</i>	18
4. Referências	20
Manuscrito	24
Resumo	26
1. Introdução	27
2. Metodologia	28
2.1 Área de Estudo	28
2.2 Amostragem	29
2.3 Análise dos dados	30
3. Resultados	31
3.1 Descrição da Comunidade	31
3.2 Ocorrência e cobertura de <i>Egeria densa</i>	33
3.3 Fatores que influenciaram a introdução de <i>E. densa</i>	33
3.4 Fatores que influenciaram o estabelecimento de <i>E. densa</i>	33
4. Discussão	35
5. Agradecimentos	37
Referências	37
Anexo	42

1. INTRODUÇÃO

A distribuição natural das espécies muda lentamente ao longo do tempo geológico e reflete conexões históricas efêmeras (MACISAAC *et al.*, 2001). Os intercâmbios bióticos e as paleoinvasões contribuíram para a diversidade como se conhece, todavia o ritmo desses eventos tem acelerado de forma a causar preocupações e impactos na biota (HAVEL *et al.*, 2015).

O estudo das invasões biológicas foi fundamentado pelo pesquisador Charles Elton, em 1958, publicando o livro “The Ecology of Invasions by Animals and Plants”. Segundo MacIsaac *et al.* (2001), Elton desenvolveu duas correntes de conceitos de invasão, uma relacionada às características das espécies invasoras e outra aos recursos dos habitats invadidos. Chegou a forte conclusão que as invasões biológicas bem sucedidas exigem uma combinação apropriada das características das espécies e da comunidade. Segundo Thomaz *et al.* (2009), Elton foi o primeiro a propor que a diversidade aumenta a resistência da comunidade às invasões biológicas, com base na teoria de nicho.

Atualmente, o estudo das invasões biológicas tomou grandes proporções e a comunidade internacional tem respondido positivamente a essa temática. Há um grande corpo da literatura dedicado à compreensão de fatores que contribuem para o desenvolvimento das espécies invasoras, inclusive com periódicos especializados a exemplo de “Aquatic Invasions” (EVANGELISTA *et al.*, 2014, WANG *et al.*, 2016), “Biological Invasions” (SANTOS *et al.*, 2011, STIERS *et al.*, 2011, GIORGIS *et al.*, 2016), “Management of Biological Invasions” (FARMER *et al.*, 2016), “Invasive Plant Science and Management” (TAMAYO e OLDEN, 2014, KONCKI e ARONSON, 2015). Na busca por compreender quais fatores determinam o sucesso das espécies invasoras, surgiu o termo estabelecido como “invasão bem sucedida”, a qual requer dispersão, estabelecimento e naturalização. Portanto, a presença inexpressiva de uma espécie exótica em determinado local não pode ser considerada uma invasão bem sucedida (LONDSDALE, 1999).

Algumas espécies já são conhecidas por obterem vasto sucesso de invasão nos ambientes onde são introduzidas, a exemplo de *Egeria densa* Planch. Esta é nativa do sul da América do Sul – Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai – como também Ásia e Leste da Austrália (Mony *et al.* 2007). Thiébaud *et al.* (2016) afirmam que o táxon está difundido por todo o globo, causando diversos problemas, pois foi amplamente utilizado pela prática do aquarismo (THIÉBAUD *et al.*, 2016). Os autores também afirmam que, em ambientes tropicais e subtropicais, *E. densa* é conhecida por ocorrer em áreas de grandes altitudes ou fontes com temperaturas amenas. Porque é considerada melhor adaptada a climas frios, podendo sobreviver

inclusive em condições de congelamento (PELICICE e AGOSTINHO, 2006). Então como afunilar o processo de invasão do táxon em ambientes semiáridos?

Por isso, este trabalho se propôs a verificar o que permitiria o sucesso de invasão da espécie na região semiárida brasileira. Para tanto, avaliou-se como a perspectiva físico-química, climática e a diversidade interferem em termos de cobertura vegetal de *E. densa* nos dois primeiros momentos da invasão, a introdução e o estabelecimento.

2. OBJETIVO

- Verificar a relação da cobertura vegetal de *E. densa* com os fatores abióticos para determinar quais foram decisivos para o sucesso de invasão nas fases de introdução e estabelecimento, respectivamente.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 HISTÓRICO DA TEORIA DAS INVASÕES BIOLÓGICAS

A biodiversidade é um dos recursos ambientais mais valorizados no mundo atual por estar intimamente ligado a benefícios à humanidade e a serviços essenciais dos ecossistemas (RAI, 2015). Sendo as invasões biológicas uma das principais ameaças à diversidade biológica, este é um viés muito valorizado no corpo científico atual.

Segundo Richardson e Pysek (2007), a atenção com as invasões biológicas se reportam desde o século XIX nos estudos de alguns naturalistas. A exemplo de Darwin que mencionava a preocupação com os impactos na fauna e flora que espécies invasoras poderiam proporcionar na obra “Charles Darwin’s Diary of the Voyage of the H.M.S. Beagle.” (MICHELLAN *et al.*, 2010)

Todavia, foi a partir de 1958 com a publicação do livro “The Ecology of Invasions by Animals and Plants” de Elton que surgiu um interesse substancial. No livro, Elton afirma que é necessário entender as causas das invasões biológicas tão frequentes em todos os tipos de ambientes de continentes a oceanos (KOLAR e LODGE, 2001). Richardson e Pysek (2007), afirmam que o livro é um clássico duradouro e acessível, com destaque para as maravilhosas ilustrações existentes. Além disso, explicam o motivo do sucesso da obra, haja vista que esta conseguiu compilar temas díspares, a exemplo de biogeografia, biologia da conservação,

epidemiologia, história humana e ecologia populacional, na busca por mostrar como todos se interligam e quais as reais implicações das invasões biológicas.

No livro, Elton estabeleceu seis linhas de argumentos para explicar as invasões biológicas, das quais surgiram formulações posteriores, como a hipótese simples na comunidade, a hipótese do equilíbrio da natureza, a hipótese diversidade-estabilidade, a hipótese diversidade-invasibilidade, a hipótese da resistência biótica, a hipótese da teoria de nichos (RICHARDSON e PYSEK, 2007). Além destas, há outras hipóteses que surgiram a respeito das invasões biológicas. No trabalho de Johnstone (1986), existe a explanação de algumas como mostra o quadro a seguir (Tabela 1).

Tabela 1- Hipóteses citadas no estudo de Johnstone (1986) que relacionam teorias iniciais para explicar o sucesso das invasões.

DATA	HIPÓTESE	SIGNIFICADO
1947	Distúrbio gerador de lacunas	A perturbação seria o principal meio facilitador das invasões de plantas.
1954	Comunidade simples	Invasões rápidas ocorrem onde a diversidade é baixa.
1954	Nicho vazio	A invasão acontece porque há uma matriz de nichos à espera de ser preenchido.
Década 1960	Mudanças químicas	Invasões de plantas ocorrem quando há mudanças nas condições do ambiente. Quando os nutrientes não são limitantes para espécies, eles não podem determinar o sucesso das invasões.
1967	Potencial reprodutivo superior	Invasões rápidas seriam possíveis porque as espécies invasoras teriam um maior potencial reprodutivo que as nativas.
1967	Espécies mal adaptadas	As invasões só são possíveis quando as espécies nativas são mal adaptadas.
1969	Liberdade de predadores	As invasões ocorrem na ausência dos predadores naturais das espécies nativas.
1975	Variada	Espécies variadamente colonizadoras são aquelas com capacidades de invasão especiais. Entretanto, todas as espécies são invasoras pela própria condição de sua existência.

O aumento dos problemas ecológicos e econômicos decorrentes das espécies não-nativas incentivou o crescimento das pesquisas e publicações em direção ao entendimento das invasões como parte central da ecologia tradicional (KOLAR e LODGE, 2001). O maior crescimento do ramo ocorreu nas duas últimas décadas (BLACKBURN *et al*, 2011). Hoje, a ecologia das invasões biológicas juntamente às alterações climáticas ocupam os desafios globais mais importantes do próximo século, em virtude da magnitude de impactos econômicos e ambientais que podem causar.

3.2 SUCESSO DE INVASÃO

A chegada de uma espécie a um novo ambiente não caracteriza um processo de invasão efetivo. Por isso, os estudos tem se direcionado a entender os fatores que permitem uma invasão ser bem sucedida, a fim de poder prever futuros invasores (AZZURRO *et al.*, 2006) e produzir estratégias de controle a partir da detecção precoce do processo, sendo esta estratégia mais rentável e produtiva (HORST *et al.*, 2014).

Segundo Tilman (1997) compara o processo de invasão ao de sucessão ecológica, no qual o acréscimo de espécies diminui com o tempo e Williamson (2006) divide-a em uma série de etapas. O primeiro passo da invasão é **introdução**, o segundo o **estabelecimento** e o terceiro a **assimilação ou naturalização**. O autor afirma que a primeira fase é a entrada de um táxon fora de seu ambiente natural. O estabelecimento é caracterizado pela reprodução e sobrevivência da espécie, com surgimento de uma colônia. Enquanto na assimilação, a espécie tem sua distribuição máxima alcançada e passa a ser integrante da nova comunidade.

As fases iniciais despertam interesse, pois sua compreensão embasa os mecanismos de gestão ambiental (AZZURRO *et al.*, 2006). Thiébaud e Martinez (2015) enfatizam que na fase de introdução as plantas nativas e exóticas podem coexistir, mas quando o aumento da abundância do táxon invasor acontece, esse pode se tornar dominante e retirar as espécies nativas do ecossistema.

Como espécies introduzidas podem colonizar o ambiente ou não, Theoharides e Dukes (2007) afirmam que o sucesso de invasão depende de condições bióticas e abióticas. Dentre os fatores bióticos intrínsecos da espécie tem-se a variabilidade genética, taxas de crescimento, estratégias reprodutivas, enquanto como fatores externos que influenciam estão predadores, competidores e parasitas (AZZURRO *et al.*, 2006). Fatores ambientais também podem influenciar a invasão, como história evolutiva do ambiente, estrutura da comunidade, pressão de propágulos, distúrbios e estresse, sendo os dois últimos os aspectos mais preponderantes (ALPERT *et al.*, 2000).

Em contrapartida, Janiak *et al.* (2013) destacam que o foco dos estudos com espécies invasoras está sobre o entendimento das características de comunidades nativas, favorecendo a resistência biótica e/ou das condições ambientais que permitem o sucesso de invasão. Essas ideias de que tais perspectivas influenciam os processos de invasão biológica foram apontadas ainda por Elton em seu livro (MacISAAC e RICCIARDI, 2001).

A hipótese de que a diversidade aumenta a resistência da comunidade às invasões recebeu suporte nas teorias ecológicas e manipulações experimentais, cujos efeitos causados

pelos mecanismos subjacentes do meio não são testados (LEVINE, 2000). Capers *et al.* (2007) comentaram que alguns estudos têm encontrado relação negativa entre a diversidade de plantas nativas e de plantas invasoras, reforçando mais a hipótese.

Simberloff e Hole (1999) trazem outra visão, pois acreditam que dependendo das condições, o estabelecimento de espécies invasoras é facilitado por espécies nativas. Nesta situação o cenário dominante na literatura de resistência biótica é desconstruído e os impactos das invasoras são ainda maiores.

A disponibilidade de recursos é definida como sendo a diferença o que é produzido e o que é consumido pelos organismos, especialmente o invasores que em ambientes com ampla disponibilidade de recursos gerais agem como espécies oportunistas prejudicando as nativas (DAVIS *et al.*, 2000). Clotet *et al.* (2016), salientou que o grau e o nível das invasões dependem dos tipos de habitats, sejam pelas características intrínsecas ou extrínsecas dos ambientes. Por isso, como fator extrínseco preponderante para a invasão, conhece-se a interferência humana e as perturbações gerais.

Ernandes-Silva *et al.* (2016) simplifica a discussão ao afirmar que as espécies têm características próprias que favorecem seu potencial invasor, principalmente as r-estrategistas, e que as condições ambientais (intrínsecas e extrínsecas) podem interferir na biota, sendo as duas perspectivas fatores-chave para determinar o sucesso de invasão.

Todavia, apesar da invasão por plantas exóticas ser resultado do equilíbrio entre aspectos bióticos e abióticos, é importante observar as escalas espaço-temporais, inclusive porque a importância de cada fator varia entre as diferentes fases da invasão, sendo importante analisar esses aspectos em diferentes momentos do processo (DAWSON *et al.*, 2009). Williamson (2006) aponta que fatores socioeconômicos são importantes inicialmente, enquanto biogeográficos, evolutivos e ecológicos são importantes em outras etapas da invasão, mas não é uma generalização, pois de repente todos os fatores podem atuar nas diferentes fases.

A detecção precoce, ideal para procedimentos de manejo e gestão dos ecossistemas, pode ser difícil, uma vez que algumas espécies que se tornam invasoras apresentam uma fase de atraso entre a introdução e o estabelecimento ou entre o estabelecimento e a naturalização (THEOHARIDES e DUKES, 2007; HORST *et al.*, 2014). Por isso, é imprescindível reconhecer os fatores determinantes das diferentes fases do sucesso de invasão para verificar se a invasão é bem sucedida.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DE *Egeria densa*

Egeria densa é uma espécie nativa da costa sudeste do Brasil (ALFASANE *et al.*, 2010), típica da Bacia do Rio Paraná e se estende por sua região indo até Argentina, Paraguai e Uruguai (MORI *et al.*, 2012). Além da América do Sul, o táxon também é nativo para Ásia e Leste da Austrália (MONY *et al.*, 2007).

Alguns nomes comuns são dados a *E. densa*, como elodea brasileira, erva daninha aquática brasileira (ALFASANE *et al.*, 2010). Ela recebe esses nomes porque tem se tornado um incômodo em regiões temperadas e subtropicais, onde é exótica, como também em regiões nativas com perturbação (MAZZEO *et al.*, 2003). Thiébaud *et al.* (2016) comentam que está espalhada em todo o mundo, pois foi difundida pelo aquarismo, e hoje está cadastrada no Banco de Dados das Espécies Invasoras Globais.

Considerando a biologia de *E. densa*, esta é uma planta perene dióica (THIÉBAUD *et al.*, 2016). Raramente registra-se os dois sexos ocorrendo juntos, por isso a polinização por insetos é difícil, e a propagação sexual com formação de sementes é pouco comum (HARAMOTO e IKUSIMA, 1988, MORI *et al.*, 2012).

O táxon é encontrado tanto em ambientes lênticos como lóticos, normalmente possui uma alta taxa de crescimento em condições ideais e conseguem formar densas florestas aquáticas (KANKANAMGE *et al.*, 2011). Estas são normalmente, estandes de flores sempre do mesmo sexo, concluindo-se que são grandes extensões de clones genéticos (THIÉBAUD *et al.*, 2016). Logo, a reprodução da espécie é em grande parte assexuada, através da produção de ramos (MORI *et al.*, 2012).

Os bancos monoespecíficos, podem formar esteiras que prejudicam os canais de água, como também a diversidade de macrófitas nativas e das demais comunidades aquáticas, por esse e outros motivos *E. densa* foi categorizada com espécie de ameaça pelo Departamento de Alimentação e Agricultura da Califórnia (BORGNIIS e BOYER, 2016). Seu crescimento pode ocorrer em ecossistemas contaminados com poluentes e metais pesados, permitindo sua rápida multiplicação (MORI *et al.*, 2012). Yarrow *et al.* (2009) comentam que sua estrutura física permite funcionar como um engenheiro de ecossistema afetando a disponibilidade de nutrientes para os demais organismos. Dentre outras características ecológicas positivas está a capacidade de liberar, através de seu sistema de raízes, o oxigênio do sedimento circundante.

Analisando a interferência de fatores abióticos na espécie, os níveis de salinidade mais elevados afetam negativamente a espécie em suas condições naturais (BORGNIIS e BOYER, 2016). Segundo Thiébaud *et al.* (2016), outra limitação são as grandes altitudes e as nascentes

de correntes frias nos ambientes tropicais e subtropicais. Entretanto, os autores afirmam que o táxon é bem adaptado ao frio e podem sobreviver a condições de congelamento por meio do armazenamento de amido em suas hastes, que são utilizados quando as temperaturas sobem a partir de 10°C. Tendo em vista que entram em dormência com uso de tubérculos, e seu rápido crescimento após este período permite o sucesso de invasão no frio (HARAMOTO e IKUSIMA, 1988).

No entanto, em condições normais, a variação das estações não é um fator determinante para o desenvolvimento da espécie (CORRÊA *et al.*, 2003, MONY *et al.*, 2007). Acredita-se que isso possa se dar por ser típica de ambientes com média sazonalidade. Nos ambientes temperados, o crescimento é bimodal, enquanto nas regiões tropicais o crescimento ativo se dá durante o ano inteiro, sendo os valores de biomassa máximos ocorrentes no verão (MAZZEO *et al.*, 2003). A temperatura ótima para o crescimento ativo dessas plantas está entre 10°-30°C, porém Riis *et al.* (2012) notaram que o aumento da temperatura das água no verão entre 20°C e 30°C permitiu o crescimento das taxas fotossintéticas, sendo ainda melhor na faixa de 20°-25°C. Porém temperaturas maiores não causam efeitos drásticos para espécie que resiste a valores superiores a 30°C.

4. REFERÊNCIAS

- ALFASANE, M. A.; KHONDKER, M.; ISLAM, M. S.; BHUIYAN, A. H. *Egeria densa* Planchón (Hydrocharitaceae) : A New Angiospermic Record For Bangladesh. **Bangladesh J. Plant Taxon**, v. 17, n. 2, p. 209-213, 2010.
- ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPEL, C. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. **Urban & Fischer Verlag**, v. 3, n. 1, p. 52–66, 2000.
- AZZURRO, E.; GOLANI, D.; BUCCIARELLI, G.; BERNARDI, G. Genetics of the early stages of invasion of the Lessepsian rabbitfish *Siganus luridus*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. v. 333, p. 190–201, 2006. doi:10.1016/j.jembe.2005.12.002
- BLACKBURN, T. M.; PYŠEK, P.; BACHER, S.; et al. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 26, n. 7, 333 - 339, 2011. doi:10.1016/j.tree.2011.03.023
- BORGNIS, E.; BOYER, K. E. Salinity Tolerance and Competition Drive Distributions of Native and Invasive Submerged Aquatic Vegetation in the Upper San Francisco Estuary. **Estuaries and Coasts**, v. 39, p. 707–717, 2016. doi: 10.1007/s12237-015-0033-5
- CAPERS, R. S.; SELSKY, R.; BUGBEE, G. J.; WHITE, J. C. Aquatic Plant Community Invasibility And Scale-Dependent Patterns In Native And Invasive Species Richness. **Ecology**, v. 88, n. 12, p. 3135–3143, 2007.
- CLOTET, M.; BASNOU, C.; BAGARIA, G.; PINO, J. Contrasting historical and current land-use correlation with diverse components of current alien plant invasions in Mediterranean habitats. **Biol Invasions**, v. 18, n. 10, p. 2897 – 2909, 2016. doi: 10.1007/s10530-016-1181-7
- CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; ARRUDA, D. P. Composição Química e Bromatológica de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 7 – 13, 2003.
- DAVIS, M. A.; GRIME, P.; THOMPSON, K. Fluctuating resources in plant communities: general theory of invasibility. **Journal of Ecology**, v. 88, p. 528 -534, 2000.
- DAWSON, W.; BURSLEM, D. F. R. P.; HULME, P. E. Factors explaining alien plant invasion success in a tropical ecosystem differ at each stage of invasion. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 657–665, 2009. doi: 10.1111/j.1365-2745.2009.01519.x
- ERNANDES-SILVA, J.; RAGONHA, F. H.; RODRIGUES, L. C.; MORMUL, R. P. Freshwater invasibility level depends on the population age structure of the invading mussel species. **Biol Invasions**, v. 18, n. 5, p.1421–1430, 2016 doi: 10.1007/s10530-016-1091-8
- EVANGELISTA, H. B. A.; THOMAZ, S. M.; UMETSU, C. A. An analysis of publications on invasive macrophytes in aquatic ecosystems. **Aquatic Invasions**, v. 9, n. 4, p. 521–528, 2014. doi: 10.3391/ai.2014.9.4.10

- FARMER, S.; WARD, J. R.; HORTON, J. L.; CLARKE, H. D. Southern Appalachian urban forest response to three invasive plant removal treatments. **Management of Biological Invasions**, v. 7, n. 4, p. 329–342, 2016. doi: 10.3391/mbi.2016.7.4.03
- GIORGIS, M. A.; CINGOLANI, A. M.; TECCO, P. A.; CABIDO, M.; POCA, M.; WEHRDEN, H. Testing alien plant distribution and habitat invasibility in mountain ecosystems: growth form matters. **Biol Invasions**, v. 18, p. 2017–2028, 2016. doi: 10.1007/s10530-016-1148-8
- HARAMOTO, T.; IKUSIMA, I. Life Cycle of *Egeria densa* Planch., an Aquatic Plant Naturalized in Japan. **Aquatic Botany**, v. 30, p. 389-403, 1988.
- HAVEL, J. E.; KOVALENKO, K. E.; THOMAZ, S. M.; AMALFITANO, S.; KATS, L. B. Aquatic invasive species: challenges for the future. **Hydrobiologia**, v. 750, p. 147 -170, 2015. doi: 10.1007/s10750-014-2166-0
- HORST, J. L.; KIMBALL, S.; BECERRA, J.X.; et al. Documenting the early stages of invasion of *Matthiola parviflora* and predicting its spread in North America. **The Southwestern Naturalist**, v. 59, n.1, p. 47-55, 2014. doi: 10.1894/F07-FMO-13.1
- JANIAK, D. S.; OSMAN, R. W.; WHITLATCH, R. B. The role of species richness and spatial resources in the invasion success of the colonial ascidian *Didemnum vexillum* Kott, 2002 in eastern Long Island Sound. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 443, p. 12–20, 2013.
- JOHNSTON, I. M. Plant invasion windows: a time-based classification on invasion potential. **Biol. Rev.**, v. 61, p. 369-394, 1986.
- KANKANAMGE, C. E.; ASAEDA, T.; KAWAMURA, K. The effect of flow turbulence on plant growth and several growth regulators in *Egeria densa* Planchon. **Flora**, v. 206, p. 1085-1091, 2011. doi:10.1016/j.flora.2011.07.014
- KOLAR, C. S.; LODGE, D. M. Progress in invasion biology: predicting invaders. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 4, p. 199-204, 2001.
- KONCKI, N. G.; ARONSON, M. F. J. Invasion Risk in a Warmer World: Modeling Range Expansion and Habitat Preferences of Three Nonnative Aquatic Invasive Plants. **Invasive Plant Science and Management**, v. 8, n. 4, p. 436-449, 2015. doi: 10.1614/IPSM-D-15-00020.1
- LEVINE, J. M. Species Diversity and Biological Invasions: Relating Local Process to Community Pattern. **Science**, v. 288, p. 852 – 854. doi: 10.1126/science.288.5467.852
- LONSDALE, M. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. **Ecology**, v. 80, n. 5, 1522 -1536, 1999.
- MACISAAC, H. J.; GRIGOROVICH, I. A.; RICCIARDI, A. Reassessment of species invasions concepts:the Great Lakes basin as a model. **Biol. Invasions**, v. 3, p. 405-416, 2001.

- MAZZEO, N.; RODRÍGUEZ-GALLEGO, L.; KRUK, C.; et al. Effects of *Egeria densa* Planch. beds on a shallow lake without piscivorous fish. **Hydrobiologia**, v. 506: 591–602, 2003.
- MICHELAN, T. S.; THOMAZ, S.M.; MORMUL, R. P.; CARVALHO, P. Effects of an exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1315 – 1326, 2010. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02355.x
- MONY, C.; KOSCHNICK, T. J.; HALLER, W. T.; MULLER, S. Competition between two invasive Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa* (Planch)) as influenced by sediment fertility and season. **Aquatic Botany**, v. 86, p. 236–242, 2007. doi: 10.1016/j.aquabot.2006.11.007
- MORI, E. S.; MARTINS, D.; VELINI, E. D.; et al. Genetic diversity in *Egeria densa* and *E. najas* in Jupuíá Reservoir, Brazil. **Cien. Inv. Agr.**, v. 39, n. 2, p. 321-330, 2012.
- PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 15, p. 10–19, 2006. doi: 10.1111/j.1600-0633.2005.00121.x
- RAI, P. K. Plant Invasion Ecology of an Indo-Burma Hot spot region along the Disturbance Gradient: A case study. **Int. Res. J. Environment Sci.**, v. 4, n. 3, p. 108-114, 2015. ISSN 2319–1414
- RICHARDSON, D. M.; PYŠEK, P. Elton, C.S. 1958: The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen. **Progress in Physical Geography.**, v. 31, n. 6, p. 659–666, 2007. doi: 10.1177/0309133307087089
- RIIS, T.; OLESEN, B.; CLAYTON, J. S.; et al. Growth and morphology in relation to temperature and light availability during the establishment of three invasive aquatic plant species. **Aquatic Botany**, v. 102, p. 56-54, 2012. doi: 10.1016/j.aquabot.2012.05.002
- SANTOS, M. J.; ANDERSON, L. W.; USTIN, S. L. Effects of invasive species on plant communities: an example using submersed aquatic plants at the regional scale. **Biol Invasions**, v. 13, p. 443–457, 2011. doi: 10.1007/s10530-010-9840-6
- SIMBERLOFF, D.; HOLE, B. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? **Biol. Invasions**, v. 1, p. 21–32, 1999.
- STIERS, I.; CROHAIN, N.; JOSENS, G.; TRIEST, L. Impact of three aquatic invasive species on native plants and macroinvertebrates in temperate ponds. **Biol Invasions**, v. 13, p. 2715–2726, 2011. doi: 10.1007/s10530-011-9942-9
- TAMAYO, M.; OLDEN, J. D.; Forecasting the Vulnerability of Lakes to Aquatic Plant Invasions. **Invasive Plant Science and Management**, v. 7, n. 1, p. 32-45, 2014. doi: 10.1614/IPSM-D-13-00036.1

- THEOHARIDES, K. A.; DUKES, J. S. Plant invasion across space and time: factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. **New Phytologist**, v. 176, p. 256–273, 2007. doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02207.x
- THIÉBAUT, G.; GILLARD, M.; DELEU, C. Growth, regeneration and colonisation of *Egeria densa* fragments: the effect of autumn temperature increases. **Aquat Ecol.**, v. 50, n. 2, p. 175–185, 2016. doi:10.1007/s10452-016-9566-3
- THIÉBAUT, G.; MARTINEZ, L. An exotic macrophyte bed may facilitate the anchorage of exotic propagules during the first stage of invasion. **Hydrobiologia**, v.746, p. 183–196, 2015. doi: 10.1007/s10750-014-1982-6
- THOMAZ, S. M.; CARVALHO, P.; MORMUL, R. P.; FERREIRA, F. A.; SILVEIRA, M. J.; MICHELAN, T. S. Temporal trends and effects of diversity on occurrence of exotic macrophytes in a large reservoir. **Acta Oecologica**, v. 35, p. 614-620, 2009. doi:10.1016/j.actao.2009.05.008
- TILMAN, D. Community Invasibility, Recruitment Limitation, and Grassland Biodiversity. **Ecological Society of America**, v. 78, n. 1, p. 81 – 92, 1997.
- WANG, H.; WANG, Q.; BOWLER, P. A.; XIONG, W. Invasive aquatic plants in China. **Aquatic Invasions**, v. 11, n. 1, p. 1–9, 2016. doi: 10.3391/ai.2016.11.1.01
- WILLIAMSON, M. Explaining and predicting the success of invading species at different stages of invasion. **Biol. Invasion**, v. 8, p. 1561 – 1568, 2006. doi: 10.1007/s10530-005-5849-7
- YARROW, M.; MARÍN, V. H.; FINLAYSON, M.; et al. The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem engineer? **Revista Chilena de Historia Natural**, v.82, p. 299-313, 2009.

Manuscrito

**Fatores abióticos que explicam duas etapas do sucesso da invasão de
Egeria densa Planch. em reservatórios do semiárido**



Artigo para ser submetido à AQUATIC BOTANY

Texto formatado de acordo com as normas de publicação.

1 **Fatores abióticos que explicam duas etapas do sucesso da invasão de *Egeria densa* Planch.**
2 **em reservatórios do semiárido**

3
4

5 **Julia Brito Lacet^a, Ariadne do Nascimento Moura^b, Ênio Wocyli Dantas^{c*}**

6 a. Programa de Pós-graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco –
7 UFRPE, Rua D. Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil.
8 julacet@hotmail.com

9 b. Departamento de Biologia, Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco- UFRPE,
10 Rua D. Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil.
11 ariadne_moura@hotmail.com

12 c Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas - CCBSA, Departamento de Ciências
13 Biológicas, Campus V, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, R. Horácio Trajano de
14 Oliveira, s/n, Cristo, CEP 58070-450, João Pessoa, PB, Brasil. eniowocyli@yahoo.com.br

15 * Autor para correspondência:

16

17 **HIGHLIGHTS:**

18

19 Unidades amostrais com *E. densa* não se diferenciaram pelo percentual de cobertura.

20 A seca favoreceu o sucesso de invasão da espécie, no semiárido, para as duas fases.

21 A precipitação determina a introdução e o estabelecimento de *E. densa* no semiárido.

22 A introdução de *Egeria densa*, no semiárido, é mais difícil que o estabelecimento.

23

24 **RESUMO**

25

26 O objetivo deste estudo foi relacionar a cobertura vegetal de *Egeria densa* com os fatores
27 climáticos, físico-químicos e a diversidade para determinar quais foram decisivos para o
28 sucesso de invasão nas fases de introdução e estabelecimento, respectivamente. O trabalho foi
29 desenvolvido em seis reservatórios da Bacia do Rio Paraíba do Norte, onde foram coletados
30 dados de cobertura vegetal em unidades amostrais de 2500 m², onde foram definidos três
31 transectos e nestes coletaram-se subquadrados (0,5m X 0,5m), que somados conferiram uma
32 amostragem de 12 m² por unidade amostral. Ao todo foram quantificadas 158 unidades
33 amostrais, as quais foram distribuídas espacial e temporalmente. Para compreender a fase de
34 introdução do táxon foram feitas as análises PERMANOVA e Regressão Logística e para o
35 estabelecimento a PERMANOVA e GLM. *E. densa* foi encontrada em três reservatórios e teve
36 comportamento invasor em dois. Ao analisar-se a presença e ausência da espécie, em todas as
37 unidades amostrais, observou-se que estas apresentaram diferença significativa de diversas
38 variáveis. Dentre as quais foram selecionadas pela regressão logística: precipitação, sólidos
39 totais dissolvidos e riqueza. Enquanto, analisando-se apenas as unidades amostrais com o táxon,
40 não houve diferença significativa das variáveis em decorrência do percentual de cobertura ser
41 maior ou menor que 25%. Todavia, para o estabelecimento da espécie precipitação e
42 temperatura foram fatores apontados como determinantes pela GLM. Assim, *E. densa* possui
43 mais barreiras para obter sucesso de invasão, em reservatórios semiáridos, na fase de introdução
44 que na de estabelecimento, o qual é favorecido pelo estresse climático.

45

46

47 **Palavras-chave:** Cobertura vegetal, estabelecimento, espécie invasora, introdução e
48 macrófitas aquáticas.

49

50

51

52

53 1. INTRODUÇÃO

54

55 Durante as últimas décadas, o panorama mundial de estudos ecológicos tem buscado
56 avanços para conservação da biodiversidade. Neste sentido, verifica-se um aumento de estudos
57 ligados à questão das invasões biológicas (Mormul et al., 2011; Thomaz e Michelan, 2011;
58 Wersal e Madsen, 2011).

59 O estabelecimento e disseminação de espécies invasoras ameaça a paisagem no que
60 concerne a aspectos econômicos e ambientais (Rai, 2015). Como exemplo de problemas
61 causados, nos ambientes aquáticos, por essas espécies estão a redução da diversidade de plantas
62 nativas, invertebrados e peixes, como também a inviabilidade de atividades de natação,
63 canoagem, pesca e produção de energia elétrica e degradação da qualidade da água
64 (Bruckerhoff e Knight, 2014; Andjelkovic et al., 2016).

65 A invasão biológica não é um processo simples de mera introdução de uma espécie
66 exótica, pois é preciso que haja sucesso de invasão. Para tanto, etapas determinadas devem
67 ocorrer. Feiner et al. (2012) denomina o primeiro passo da invasão de introdução, o segundo de
68 estabelecimento e o terceiro de assimilação ou naturalização. O autor afirma que na primeira
69 fase a espécie é transportada e chega ao novo ambiente. A segunda seria quando a espécie
70 reproduz-se ativamente, sobrevive no ambiente e consegue estabelecer uma densa colônia. A
71 terceira é quando o invasor passa por processos, inclusive genéticos, integrando-se ao novo
72 ambiente.

73 A invasão é determinada tanto por fatores biológicos quanto ambientais (Theoharides e
74 Dukes, 2007). Dentre estes estão história evolutiva do ambiente, estrutura da comunidade,
75 pressão de propágulos, distúrbios e estresse, sendo os dois últimos os aspectos considerados
76 mais preponderantes, pois geralmente estão relacionados à ação humana (Alpert et al., 2000).
77 Como uma invasão pode ser bem sucedida ou não, então compreender os fatores que podem
78 influenciar cada etapa do processo pode auxiliar em estratégias de gestão e manejo, a fim de
79 prevenir novas invasões e controlar de forma rentável as existentes (Azzurro et al., 2006; Horst
80 et al., 2014).

81 Algumas espécies já são conhecidas por obterem vasto sucesso de invasão nos
82 ambientes onde são introduzidas, a exemplo de *Egeria densa* Planch. Esta é nativa do sul da
83 América do Sul – Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai – como também Ásia e Leste da
84 Austrália (Mony et al., 2007). Normalmente, são encontrados grandes bancos monoespecíficos,
85 sem diversidade genética (Thiébaud et al., 2016), pois a reprodução por sementes é rara, uma
86 vez que dificilmente encontra-se plantas de sexos diferentes vivendo no mesmo ambiente (Mori
87 et al., 2012). Algumas características próprias da espécie permitem seu comportamento

88 cosmopolita, como: desenvolver-se bem em locais poluídos e contaminados com metais
89 pesados (Mori et al., 2012), estar adaptada a habitats aquáticos com diferentes regimes de luz,
90 embora elevadas irradiações possam prejudicar seu desenvolvimento (Redekop et al., 2016),
91 ter crescimento ativo entre 10°-30°C (Riis et al., 2012).

92 No semiárido brasileiro não há muitos trabalhos que mencionam a presença de *E. densa*,
93 haja vista não ser um táxon natural da região. Santos et al. (2006) registraram sua presença
94 como invasora na Bacia do Rio São Francisco, a qual têm outros estudos reportando sobre os
95 problemas causados pelo táxon, sobretudo nas hidrelétricas (Bezerra et al., 2007, Nascimento
96 et al., 2008, Pereira et al., 2008). Nesses trabalhos, o problema mais grave se refere aos prejuízos
97 à produção de energia elétrica por entupimento das turbinas. Entretanto, o táxon não ocorreu
98 apenas no Rio São Francisco, mas em outros reservatórios semiáridos do Brasil (Xavier et al.,
99 2012; Moura-Júnior et al., 2013; Moro et al., 2014; Azevêdo et al., 2015; Sabino et al., 2015).

100 Diante da expansão de *E. densa* no semiárido brasileiro e das discussões acerca dos
101 problemas decorrentes de invasões biológicas, este estudo se propôs a verificar os fatores que
102 permitiriam o sucesso de invasão da espécie na região. Para tanto, avaliou-se como a
103 perspectiva físico-química, climática e a diversidade interferem em termos de cobertura vegetal
104 de *E. densa* nos dois primeiros momentos da invasão, a introdução e o estabelecimento.

105

106 **2. METODOLOGIA**

107

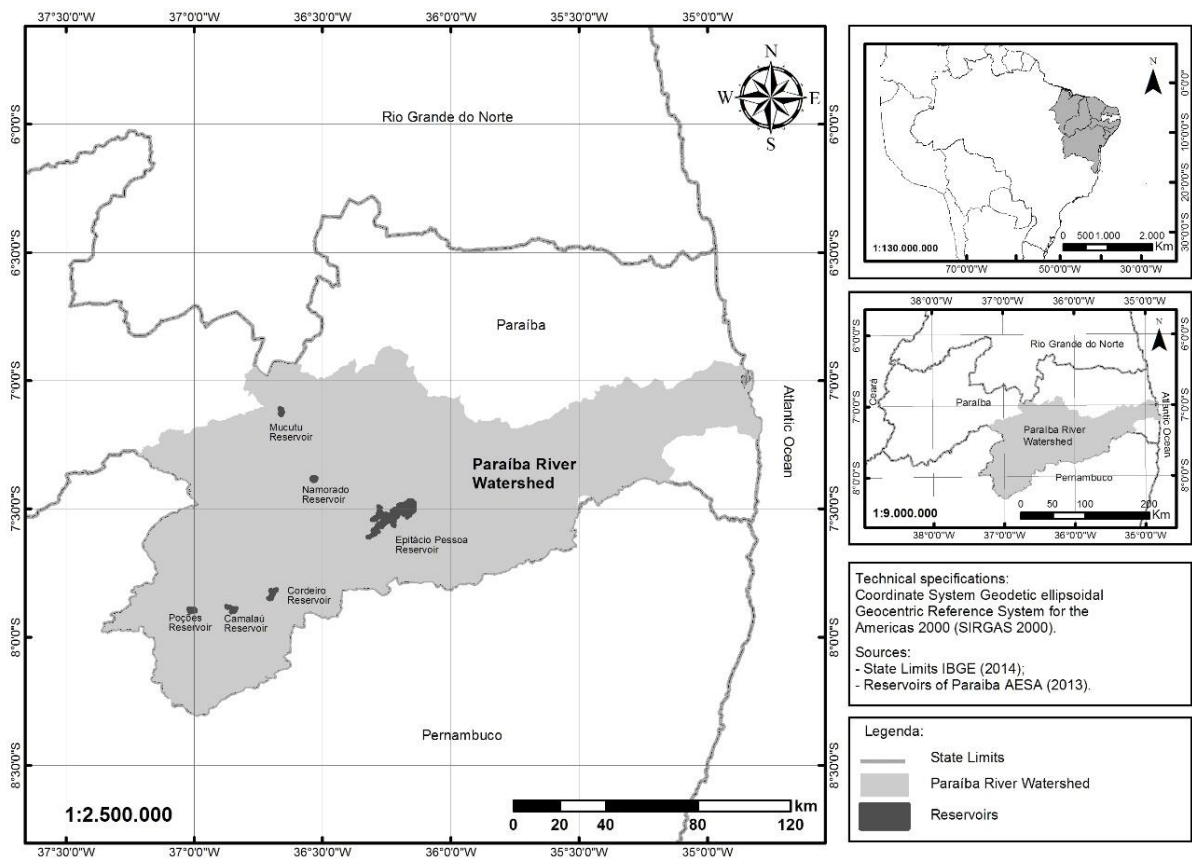
108 **2.1 Área de Estudo**

109

110 A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Norte possui área total de 20.071,83 km²,
111 localiza-se no Nordeste Brasileiro, entre as latitudes 6°51'31''S e 8°26'21''S e as longitudes
112 34°48'35''O e 37°2'15''O (Costa et al., 2016).

113 A Bacia apresenta duas características climáticas, sendo a jusante clima As e a montante
114 o clima Bsh. (Alvares et al., 2013). O trabalho foi desenvolvido em reservatórios de região de
115 clima Bsh (semiárido quente) com temperaturas que variam de 18°-31° C (Azevêdo et al.,
116 2015). As médias anuais pluviométricas estão em torno de 500 mm e extremamente mal
117 distribuídas, concentrando 65% do total anual em até 4 meses (Xavier et al., 2012).

118



119

120

Figura 1. Bacia do Rio Paraíba do Norte, com destaque para os reservatórios de coleta do estudo.

121

122 2. 2 Amostragem

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

As coletas ocorreram entre julho de 2015 a julho de 2016, em intervalos de três meses, período caracterizado pela seca decorrente do fenômeno El Niño. Os reservatórios estudados foram Boqueirão (Epitácio Pessoa), Camalau, Cordeiro, Mucutu, Namorado e Poções (Figura 1 e Tabela 1). Nelas, foram estabelecidas seis unidades amostrais de 2500 m², para cada reservatório, em cada coleta. A exceção foi Namorado que devido ao seu pequeno volume foram estabelecidas apenas duas. Durante todo o estudo, totalizou-se 158 unidades amostrais, pois durante as coletas 66 unidades amostrais estavam secas e foram desconsideradas para o estudo. Cada unidade amostral conteve três transectos perpendiculares à margem. Em cada transecto, foram lançados dezesseis quadros (0,25 m²) a cada 2m, totalizando 4 m² de área amostrada por transecto e 12 m² por unidade amostral.

138 Tabela 1. Dados Morfométricos máximos dos Reservatórios estudados localizados no estado da Paraíba
 139 – Brasil.

RESERVATÓRIO	LOCALIZAÇÃO	RIO	ÁREA (10 ⁵ m ²)	VOLUME (10 ⁶ m ³)
Boqueirão (BOQ)	07°28'S e 36°08'O	Paraíba	325,96	411,68
Camalau (CAM)	07°53'S e 36°50'O	Paraíba	22,34	48,11
Cordeiro (COR)	07°49'S e 36°41'O	Paraíba	52,18	69,97
Mucutu (MUC)	07°07'S e 36°39'O	Taperoa	16,92	25,37
Namorado (NAM)	07°23'S e 36°32'O	Taperoa	1,40	2,12
Poções (POÇ)	7°53'S e 37°01'O	Paraíba	45,30	29,86

140

141 Em cada unidade amostral, foram coletados: riqueza da comunidade, percentual de
 142 cobertura dos táxons e parâmetros abióticos. A riqueza foi definida como o número de táxons
 143 totais presentes em cada unidade amostral. A quantificação da cobertura vegetal foi realizada
 144 pelo método de Braun-Blanquet (1979), obedecendo uma escala visual combinada de
 145 abundância-cobertura, que posteriormente teve seus símbolos convertidos em percentuais de
 146 cobertura. Os símbolos são presença na unidade amostral (0,004%), + (1%), ¼ (3,625%), 1
 147 (15,625%), 2 (37,5%), 3 (62,5%), 4 (87,5%) e 5 (100%). Para plantas submersas, foi aplicado
 148 o fator de correção PVI, de acordo com a metodologia de Canfield et al. (1984).

149 A partir dos dados de cobertura, o percentual para a espécie ser considerada invasora foi
 150 de no mínimo 25% em alguma unidade amostral, obedecendo aos critérios de Stiers et al.
 151 (2011). Não obstante, todas as espécies presentes nas parcelas, foram coletadas, com a
 152 finalidade de identificação da riqueza. Quando outro espécime, de qualquer espécie já coletada,
 153 foi encontrado em outra forma biológica e/ou reservatório, foi novamente coletada e registrado.

154 Os dados abióticos (temperatura da água, pH, condutividade, turbidez, oxigênio
 155 dissolvido e sólidos totais dissolvidos), foram mensurados através do uso de sonda
 156 multiparamétrica HORIBA © U-50 nas proximidades de cada unidade amostral. A
 157 transparência da água foi obtida com uso do disco de Secchi. Também foram coletadas amostras
 158 de água para a determinação das concentrações, em laboratório, de Nitrogênio Total, Fósforo
 159 Total, Nitrito, Nitrato, Amônia e Ortofosfato, conforme APHA (1992). A precipitação mensal,
 160 de cada reservatório, foi disponibilizada pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado
 161 da Paraíba.

162

163 2.3 Análise dos dados

164

165 A ocorrência de *E. densa*, nas unidades amostrais, foi utilizada para as análises da fase
 166 de introdução e os percentuais invasores ou não para determinar a fase de estabelecimento. Para
 167 entender a introdução da espécie, aplicou-se uma Análise de Variância Multivariada com
 168 Permutações – PERMANOVA, entre as variáveis abióticas, climáticas e riqueza, considerando

169 como fator a presença e a ausência do táxon. Em seguida, testou-se a normalidade dos dados
170 através do Teste de Shapiro e aplicou-se um Teste de Wilcoxon, o qual serviu para mostrar
171 exatamente quais as variáveis são diferentes neste fator.

172 Uma Regressão Logística Múltipla analisou a relação entre a matriz de fatores
173 ambientais e o vetor de presença e ausência de *E. densa*, em todas as unidades amostrais, a fim
174 de gerar um modelo explicativo – com menor valor de AIC – que determina quais das variáveis
175 estudadas favoreceram a ocorrência da espécie.

176 Para avaliar a fase de estabelecimento, utilizou-se uma Análise de Variância
177 Multivariada com Permutações – PERMANOVA entre as variáveis abióticas, climáticas e
178 riqueza, considerando como fator as unidades amostrais com percentual de cobertura maior e
179 as com menor que 25,00%. Depois testou-se a normalidade dos dados, através do Teste de
180 Shapiro e aplicou-se o Teste de Wilcoxon para definir quais variáveis distinguem as unidades
181 amostrais de acordo com a invasão ou não do táxon.

182 O entendimento do que determina a fase estabelecimento foi feito por meio de um
183 Modelo Linear Generalizado – GLM de família “gaussian”, selecionando aquele com menor
184 valor de AIC. Para tanto, utilizou-se vetor de cobertura vegetal apenas das unidades amostrais
185 que apresentaram *E. densa* e a matriz de variáveis ambientais. Todas as análises estatísticas
186 realizadas no estudo foram feitas no Programa R 3.3.1.

187

188 **3. RESULTADOS**

189

190 **3.1. Descrição da Comunidade**

191

192 Com relação às plantas aquáticas, foram encontradas 25 espécies, distribuídas em 19
193 gêneros, pertencentes a 10 famílias. A família com maior representatividade em número de
194 espécies foi Poaceae, totalizando 31,82% dos táxons (Tabela 2).

195 A riqueza total máxima ocorreu em Namorados e Camalaú com 8 espécies cada
196 reservatório. Todavia, analisando-se a riqueza média por unidade amostral, Boqueirão e
197 Camalaú foram os ambiente que apresentaram os maiores valores.

198 A maioria das espécies ocorreram em apenas um reservatório, com exceção de *Najas*
199 *marina* L. e *Olyra* sp. que ocorreram em 4 reservatórios diferentes.

200

201

202 Tabela 2. Valores médios (Máximos) de cobertura vegetal por reservatório, no estado da Paraíba –
 203 Brasil. Legenda: BOQ: Boqueirão, CAM: Camalau, COR: Cordeiro, MUC: Mucutu, NAM: Namorados,
 204 POÇ: Poções, UA= Unidade Amostral.

TÁXONS	BOQ	CAM	COR	MUC	NAM	POÇ
CHARACEAE						
<i>Chara braunii</i> C.C.Gmelin	-	-	0,22 (5,17)	-	-	-
<i>Chara rusbyana</i> M.Howe	0,02(0,33)	-	-	-	-	-
<i>Nitella</i> sp.	-	-	-	-	0,38 (2,56)	-
NYMPHAEACEAE						
<i>Nymphae pulchella</i> DC.	-	-	-	-	0,17 (2,15)	-
<i>Nymphae rudgeana</i> G. Mey.	-	-	-	-	0,01 (0,08)	-
ARACEAE						
<i>Lemna</i> sp.	-	-	-	-	-	0,04 (1,32)
<i>Pistia stratiotes</i> L.	-	-	-	-	-	0,04 (1,3)
HYDROCHARITACEAE						
<i>Egeria densa</i> Planch.	25,30(80,67)	16,91 (65,51)	0,02 (0,02)	-	-	-
<i>Najas arguta</i> Kunth	-	0,06 (0,80)	-	-	-	-
<i>Najas marina</i> L.	0,68(18,32)	-	0,004 (5,73)	1,68 (11,4)	0,39 (4,63)	-
JUNCAGINACEAE						
<i>Potamogeton illionoensis</i> Morong	-	0,001 (0,02)	-	1,10 (7,09)	-	-
PONTEDERIACEAE						
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	-	0,15 (4,43)	-	-	-	-
POACEAE						
<i>Echinochloa</i> sp.	-	-	-	0,02 (0,02)	0,003 (0,04)	1,59 (23,57)
<i>Eriochloa</i> sp.	-	-	0,19 (6,32)	-	-	-
<i>Hymenachne</i> sp.	-	-	-	-	0,003 (0,04)	-
<i>Olyra</i> sp.	-	0,12 (1,56)	-	0,53 (4,75)	1,25 (10,61)	0,29 (8,07)
<i>Streptochaeta</i> sp.	-	0,02 (0,02)	-	-	-	-
<i>Catapodium</i> sp.	-	-	-	-	-	0,66 (6,01)
<i>Tni</i> sp.	-	-	-	-	1,83 (13,02)	-
<i>Trachypogon</i> sp.	0,51(3,2)	-	-	-	-	-
CERATOPHYLLACEAE						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	1,01(7,29)	-	-	-	-	-
POLYGONACEAE						
<i>Polygonum acuminatum</i> Kunth	-	-	-	-	-	0,11 (3,39)
<i>Polygonum ferrugineum</i> Weed.	-	0,04 (1,11)	-	-	-	-
CONVOLVULACEAE						
<i>Ipomoea</i> sp.	-	0,002 (0,04)	-	-	-	0,02 (0,04)
Média da Riqueza das UA	2,17	1,67	0,68	0,93	1,17	0,83
Riqueza por Reservatório	5	8	4	4	8	7

206 **3.2. Ocorrência e cobertura de *Egeria densa***

207

208 *Egeria densa* foi encontrada em três reservatórios: Boqueirão, Camalau e Cordeiro,
209 ocorrendo em 62 (39,24%) das 158 unidades amostrais. Apenas, em Cordeiro, o táxon não
210 apresentou comportamento invasor e foi encontrado em 3 (0,02%) unidades amostrais sempre
211 com o mesmo percentual de cobertura de 0,02%. Em Boqueirão, a espécie esteve ausente em
212 apenas uma unidade amostral ao longo de todo o estudo, seu menor percentual de cobertura foi
213 0,25% e o maior 80,67%, não observando-se comportamento invasor na maioria das unidades
214 amostrais (63,33%). No Reservatório Camalau, a cobertura da espécie variou entre 0,02% -
215 65,51%, porém 27 unidades amostrais não alcançaram percentuais considerados invasores,
216 embora *E. densa* estivesse presente em todas as unidades amostrais (Tabela 2).

217

218 **3.3 Fatores que influenciaram a introdução de *E. densa***

219

220 As unidades amostrais com a presença de *E. densa* apresentaram variáveis abióticas
221 significativamente distintas dos ambientes sem a espécie ($F=22,46$ $R^2=0,0971$ $p<0,001$). As
222 unidades amostrais com a ocorrência do táxon se diferenciaram das demais por serem locais de
223 águas mais quentes, com maior transparência e valores de oxigênio dissolvido, como também
224 menor salinidade. Enquanto as unidades amostrais sem *E. densa* foram águas mais turvas, com
225 maiores valores de sólidos totais dissolvidos e condutividade, além de apresentar maiores níveis
226 de nitrogênio e fósforo na coluna d'água (Tabela 3).

227 A introdução da espécie recebeu efetiva influência das variáveis precipitação, sólidos
228 totais dissolvidos e a riqueza de acordo com o modelo (Tabela 4). A riqueza influenciou
229 positivamente a ocorrência da espécie, enquanto a outras variáveis influenciaram
230 negativamente.

231

232 **3.4 Fatores que influenciaram o estabelecimento de *E. densa***

233

234 As unidades amostrais com percentuais de cobertura de *E. densa* considerados ou não
235 invasor ($F=0,3568$, $R^2=0,0059$ $p>0,05$) não se diferenciaram a partir das variáveis mensuradas.
236 No entanto, o Teste de Wilcoxon mostrou que há diferença significativa de transparência e
237 temperatura das unidades amostrais com o táxon estabelecido ou não (Tabela 3). No modelo, a
238 precipitação e a temperatura foram fatores decisivos para o estabelecimento de *E. densa*. A

239 temperatura influenciou positivamente o crescimento e disseminação da espécie, enquanto a
 240 precipitação negativamente a fase de estabelecimento (Tabela 4).

241

242 Tabela 3. Valores médios \pm desvio padrão das variáveis abióticas de acordo com a introdução de *Egeria*
 243 *densa* e com seu estabelecimento em reservatório do estado da Paraíba – Brasil. Legenda: W= Valor do
 244 Teste de Wilcoxon, n= Número de unidades amostrais em cada categoria, Valores significativos foram
 245 destacados em negrito.

PARÂMETROS	INTRODUÇÃO DE <i>E. densa</i>			ESTEBELECIMENTO DE <i>E. densa</i>		
	Ausência de <i>E. densa</i> n=96	Presença de <i>E. densa</i> n=62	TESTE	Cobertura <25% n=49	Cobertura >25% n=13	TESTE
Transparência (m)	1,77 \pm 1,78	3,94 \pm 3,23	W= 343	4,14 \pm 3,47	3,17 \pm 1,99	W = 4356
Precipitação (mm)	88,87 \pm 81,73	66,49 \pm 54,27	W=2574.	67,48 \pm 54,40	62,75 \pm 55,83	W=294
Temperatura da água (°C)	24,24 \pm 1,78	24,89 \pm 1,18	W=3878	24,73 \pm 1,21	25,48 \pm 0,86	W=437,5
pH	9,40 \pm 0,74	9,58 \pm 0,86	W=3450	9,60 \pm 0,78	9,69 \pm 1,02	W=391,5
Condutividade (μ S/cm)	18,78 \pm 30,53	9,04 \pm 22,15	W=1296	9,7 \pm 23,41	6,57 \pm 17,11	W=367,5
Turbidez (NTU)	205,83 \pm 217,87	88,2 \pm 78,02	W=1846	87,84 \pm 83,05	89,57 \pm 57,87	W=367,5
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,06 \pm 12,87	8,20 \pm 9,94	W=3889	6,40 \pm 1,87	6,50 \pm 2,12	W=340,5
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	4,82 \pm 3,39	1,14 \pm 0,55	W=1198	1,14 \pm 0,62	1,14 \pm 0,21	W=406,5
Salinidade (ppt)	0,97 \pm 1,79	0,13 \pm 0,13	W=1469	0,14 \pm 0,13	0,12 \pm 0,11	W=378
Íon amônio (μ g.L ⁻¹)	277,13 \pm 904,18	142,69 \pm 174,53	W=2640	140,73 \pm 176,59	150,1 \pm 173,31	W=318,5
Óxido nitroso (μ g.L ⁻¹)	13,25 \pm 45,19	5,78 \pm 9,22	W=3044	6,26 \pm 9,50	3,98 \pm 8,18	W=275,5
Nitrato (μ g.L ⁻¹)	38,01 \pm 60,43	23,88 \pm 14,82	W=3380	24,43 \pm 15,26	21,81 \pm 13,42	W=289,5
Nitrogênio total (μ g.L ⁻¹)	306,67 \pm 160,65	146,15 \pm 93,73	W=1259	151,38 \pm 96,36	126,42 \pm 83,57	W=279
Ortofosfato (μ g.L ⁻¹)	121,74 \pm 177,23	31,81 \pm 25,14	W=1934	30,93 \pm 23,94	35,15 \pm 30,09	W=333
Fósforo Total (μ g.L ⁻¹)	332,49 \pm 379,41	114,72 \pm 222,65	W=840	123,73 \pm 249,49	80,75 \pm 37,95	W=351

246

247

248 Tabela 4. Resultado da Regressão Logística para introdução de *E. densa* e da GLM para o
 249 Estabelecimento de *E. densa*. Legenda: AIC = Critério de Informação Akaike, R² = Coeficiente de
 250 Determinação.

MODELOS	PARÂMETROS	COEFICIENTES	p-valor
INTRODUÇÃO DE <i>E. densa</i> AIC= 50,802 R ² = 0,56	Intercepto	-4,14	0,001
	Precipitação	-0,02	0,04
	Sólidos totais dissolvidos	-2,61	0,002
	Riqueza	1,57	0,01
ESTABELECIMENTO DE <i>E. densa</i> AIC= 549,95 R ² = 0,13	Intercepto	-207,61	0,005
	Precipitação	-0,1	0,055
	Temperatura	9,27	0,002

251

252 4. DISCUSSÃO

253

254 As plantas aquáticas apresentam grande amplitude ecológica e por isso uma mesma
255 espécie pode colonizar ambientes bem diversos em termos abióticos e bióticos (Lacet et al.,
256 2014). Em geral, as macrófitas submersas são associadas à fase de águas claras, em que há uma
257 menor turbidez e maior penetração de luz (Scheffer, 2007). Isso porque esses vegetais
258 interagem estabilizando o sedimento e reduzindo a turbidez, sendo conhecidos com
259 “engenheiros dos ecossistemas” (Yarrow et al., 2009).

260 Neste trabalho, as unidades amostrais com presença de *Egeria densa* se diferenciaram
261 daquelas sem o táxon, em termos de variáveis abióticas, como temperatura, condutividade,
262 turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade, nitrogênio e fósforo. Uma
263 vez que o táxon consegue remover da água alguns de seus constituintes como turbidez,
264 nitrogênio, cloretos e sólidos totais dissolvidos (Ng et al., 1990). No entanto, para o modelo
265 gerado as variáveis determinantes para a introdução de *E. densa*, nos reservatórios, foram
266 riqueza, sólidos totais dissolvidos e precipitação.

267 A riqueza favoreceu positivamente a introdução do táxon nos reservatórios. Isto porque
268 a relação invasão-diversidade pode ser decorrente de uma série de processos, que a depender
269 do estresse podem facilitar a presença das invasoras (Badano et al., 2015) e até mesmo aumentar
270 seus efeitos (Thiébaud e Martinez, 2015).

271 A facilitação durante a primeira fase de invasão já é conhecida, pois as espécies nativas
272 e não-nativas podem existir no mesmo ambiente, até quando não ocorre um aumento da
273 abundância da invasora (Thiébaud e Martinez, 2015). Para que a substituição da comunidade
274 natural não ocorra, a própria através de seus grupos funcionais pode agir como barreira para a
275 invasão de acordo com a Hipótese da Resistência Biótica (Von Holle e Simberloff, 2004). Esta
276 baseia-se no pressuposto de que espécies de grupos funcionais diferentes funcionam como
277 filtros competitivos para outros, atrapalhando a invasão de espécies.

278 Todavia nesta pesquisa, a ocorrência de *E. densa* não foi influenciado por esse aspecto,
279 acredita-se que isso se deva a seca, pois em situações de estresse acentuado as relações
280 biológicas negativas podem ser atenuadas (Badano et al., 2015) de acordo com a Hipótese do
281 Distúrbio Gerador de Lacunas. Esta preconiza que as perturbações podem gerar condições
282 favoráveis ao recrutamento, crescimento e reprodução de espécies, inclusive com o
283 reabastecimento de nutrientes (McCune e Cottam, 1985). Assim, em virtude do distúrbio, as
284 unidades amostrais com maior riqueza favoreceram a ocorrência de *E. densa*.

285 Os sólidos totais dissolvidos influenciaram negativamente o processo de introdução,
286 pois *E. densa* é uma espécie típica de água aberta, sem acumulação de sedimento (Yarrow et

287 al., 2009). Tanner et al. (1993) afirmaram que níveis de turbidez abiótica derivados de processos
288 naturais como erosão são comuns, particularmente, em regiões áridas. Esta aumenta a dispersão
289 de luz, alterando a zona eufótica, limitando a profundidade de macrófitas submersas, em virtude
290 do comprometimento das taxas fotossintéticas (Kosten et al., 2011). Assim, nossos resultados
291 de que sólidos totais dissolvidos funcionaram como barreira para a introdução da espécie estão
292 em consonância ao que já é esperado para macrófitas submersas.

293 Além dos sólidos totais dissolvidos, a limitação à plantas submersas também foi
294 corroborada pela precipitação, a qual é uma fonte primária de advecção, que interfere
295 diretamente na biota por modificar o potencial redox da água, seu conteúdo orgânico e as trocas
296 dos nutrientes (Wetzel e Likens, 2000). A pouca precipitação ocorrente durante o estudo,
297 provavelmente, favoreceu um processo conhecido como efeito de “brownificação” da água.
298 Este consiste na maior disponibilidade de substâncias húmicas na água quando há entradas de
299 precipitação a temperaturas elevadas, escurecendo a coluna (Mormul et al., 2012). Assim,
300 precipitação e sólidos totais tiveram papéis conjugados para impedir a introdução de *E. densa*
301 nos reservatórios.

302 Entretanto, os níveis de precipitação durante o estudo foram baixos decorrente de efeitos
303 climáticos extremos cada vez mais comuns: o El Niño (Field et al., 2014). Então, a seca atuou
304 nas unidades amostrais reduzindo as áreas de inundação dos ecossistemas, isolando as massas
305 d’água e aumentando a zona litorânea (Jiménez et al., 2011). Tais efeitos, diminuíram a
306 profundidade dos reservatórios permitindo a expansão da área de possível colonização de
307 macrófitas, atenuando os efeitos negativos dos sólidos totais e da precipitação, permitindo o
308 sucesso da espécie na primeira fase da introdução.

309 Ao analisarmos apenas as unidades amostrais com *E. densa*, nossos resultados
310 mostraram que não houve diferença significativa, em termos de variáveis abióticas, a partir do
311 fator percentual de cobertura da espécie maior ou menor que 25%. Mesmo assim, o modelo
312 selecionou precipitação e temperatura como variáveis que influenciaram, respectivamente,
313 negativa e positivamente o estabelecimento do táxon.

314 Assim como na introdução, a precipitação continuou sendo uma barreira para o
315 estabelecimento da espécie nas unidades amostrais. Acreditamos que os mesmos efeitos que
316 dificultaram a ocorrência da planta, também atrapalharam o crescimento das colônias. Todavia,
317 como os níveis de precipitação foram muito baixos não houve barreira suficiente para evitar o
318 estabelecimento de *E. densa*.

319 Eventos extremos como o El niño podem influenciar tanto a precipitação como a
320 temperatura do ar e da água (Kosten et al., 2011). Neste trabalho, percebemos que as altas
321 temperaturas registradas facilitaram a segunda fase da invasão, corroborando Gillard et al.

322 (2017), quando os autores afirmam que essa variável podem alterar o metabolismo dos vegetais,
323 modificando as respostas de dormência e crescimento deles, favorecendo inclusive as espécies
324 invasoras.

325 Yarrow et al. (2009) afirmaram que a temperatura era o fator mais crítico de impacto ao
326 metabolismo da espécie. Relacionando-se aos resultados de Tanner et al. (1993) que *E. densa*
327 teve seu crescimento acentuado pelas temperaturas elevadas sobrepujando os efeitos adversos
328 que a precipitação pode causar relacionados à turbidez da água. Como a condição de
329 temperaturas elevadas é comum para o ambiente semiárido, acredita-se que espécies
330 submersas melhorem seus desenvolvimento em águas quentes, superando qualquer efeito
331 negativo de outras variáveis.

332 Desta forma, conclui-se que a introdução da espécie nos reservatórios semiáridos é mais
333 difícil de ocorrer que o estabelecimento. Uma vez que a introdução de *E. densa*, no semiárido,
334 é determinada por fatores bióticos, hidrológicos e climáticos, enquanto seu estabelecimento por
335 variáveis climáticas e hidrológicas.

336

337 **5. AGRADECIMENTOS**

338

339 O financiamento para este trabalho foi pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos,
340 através do Projeto REHISA – Rede Hidrográfica do Semiárido, coordenado pelo Professor José
341 Etham de Lucena Barbosa. Também agradecemos ao apoio do CNPQ - Conselho Nacional de
342 Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Programa de Pós Graduação em Botânica da
343 Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

344

345 **6. REFERÊNCIAS**

346

- 347 1. Mormul, R.P., Michelan, T.S., Thomaz, S.M., 2011. Espécies exóticas e invasoras no
348 Brasil: a grande preocupação com macrófitas aquáticas. Boletim ABLimno 39, 1 – 3.
- 349 2. Thomaz, S.G., Michelan, T.S., 2011. Associations between a highly invasive species
350 and native macrophytes differ across spatial scales. Biol Invasions 13, 1881–1891, doi:
351 10.1007/s10530-011-0008-9
- 352 3. Wersal, R.M., Madsen, J.D., 2011. Influences of water column nutrient loading on
353 growth characteristics of the invasive aquatic macrophyte *Myriophyllum aquaticum*
354 (Vell.) Verdc. Hydrobiologia 665, 93-105, doi: 10.1007/s10750-011-0607-6

- 355 4. Stiers, I., Crohain, N., Josens, G., Triest, L., 2011. Impact of three aquatic invasive
356 species on native plants and macroinvertebrates in temperate ponds. *Biol. Invasions* 13,
357 2715 – 2726, doi: 10.1007/s10530-011-9942-9
- 358 5. Rai, P.K., 2015. Concept of plant invasion Ecology as Prime Factor for Biodiversity
359 Crisis: Introductory review. *Int. Res. J. Environment Sci.* 4, 85-90, ISSN 2319–1414
- 360 6. Bruckerhoff, L., Havel, J., Knight, S., 2014. Survival of invasive aquatic plants after air
361 exposure and implications for dispersal by recreational boats. *Hydrobiologia.* 746, 113–
362 121, doi: 10.1007/s10750-014-1947-9
- 363 7. Anđelković, A.A., Živković, M.M., Cvijanović, D.L., Novković, M.Z., Marisavljević,
364 D. P., Pavlović, D. M., Radulović, S. B., 2016. The contemporary records of aquatic
365 plants invasion through the Danubian floodplain corridor in Serbia. *Aquatic Invasions*
366 11, 381–395, doi: 10.3391/ai.2016.11.4.04
- 367 8. Feiner, Z.S., Aday, D.D., Rice, J.A., 2012. Phenotypic shifts in white perch life history
368 strategy across stages of invasion. *Biol Invasions* 14, 2315–2329, doi: 10.1007/s10530-
369 012-0231-z
- 370 9. Theoharides, K.A., Dukes, J.S., 2007. Plant invasion across space and time: factors
371 affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. *New*
372 *Phytologist* 176, 256–273, doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02207.x
- 373 10. Alpert, P., Bone, E., Holzapel, C., 2000. Invasiveness, invasibility and the role of
374 environmental stress in the spread of non-native plants. *Urban & Fischer Verlag.* 3, 52–
375 66, doi: 1433-8319/00/3/01-052 \$ 12.00/0
- 376 11. Azzurro, E., Golani, D., Bucciarelli, G., Bernardi, G., 2006. Genetics of the early stages
377 of invasion of the Lessepsian rabbitfish *Siganus luridus*. *Journal of Experimental*
378 *Marine Biology and Ecology.* 333, 190–201, doi:10.1016/j.jembe.2005.12.002
- 379 12. Horst, J.L., Kimball, S., Becerra, J.X., Noge, K., Venable, D.L., 2014. Documenting the
380 early stages of invasion of *Matthiola parviflora* and predicting its spread in North
381 America. *The Southwestern Naturalist* 59, 47-55, doi: 10.1894/F07-FMO-13.1
- 382 13. Mony, C., Koschnick, T.J., Haller, W.T., Muller, S., 2007. Competition between two
383 invasive Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa*
384 (Planch)) as influenced by sediment fertility and season. *Aquatic Botany* 86, 236–242.
385 doi: 10.1016/j.aquabot.2006.11.007
- 386 14. Thiébaud G, Gillard M, Deleu C, 2016. Growth, regeneration and colonisation of *Egeria*
387 *densa* fragments: the effect of autumn temperature increases. *Aquat Ecol* 50, 175-185,
388 doi:10.1007/s10452-016-9566-3

- 389 15. Mori E.S., Martins D, Velini E.D., Marino C.L., Gouvêa C.F., Leite S.M.M., Camacho
390 E., Guries R.P., 2012. Genetic diversity in *Egeria densa* and *E. najas* in Jupuíá Reservoir,
391 Brazil. Cien. Inv. Agr. 39, 321-330.
- 392 16. Santos, E., Gomes, S.O., Lopes, J. P., 2006. Contribuição de elódea *Egeria Densa* à
393 piscicultura através da colonização do camarão-canela *Macrobrachium Amazonicum* no
394 Sub-Médio Rio São Francisco, no nordeste do Brasil. Rev. Bras. Eng. Pesca 1, 102 –
395 118.
- 396 17. Bezerra, T.P., Silva, C.P., Lopes, J.P., 2007 Utilização da macrófita aquática *Egeria*
397 *densa* Planchon, 1849 (Hydrocharitacea) na produção de tijolos para construção civil.
398 Rev. Bras. Eng. Pesca. 2, 114 - 127.
- 399 18. Nascimento, P.R.F., Pereira, S.M.B., Sampaio, E.V.S.B., 2008. Biomassa de *Egeria*
400 *densa* nos reservatórios da Hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia. Planta Daninha 26,
401 481-486.
- 402 19. Pereira, S.M.B., Nascimento, P.R.F., Sampaio, E.V.S.B., Carvalho MFO, Moura-
403 Júnior, A.M., 2008. Monitoramento e manejo da macrófita aquática *Egeria densa*
404 Planchon no nordeste brasileiro. Estudo de Caso. In: Moura, A.N., Araújo, E.L.,
405 Albuquerque, U.P. (Eds), Biodiversidade, Potencial econômico e Processos Eco-
406 fisiológicos em Ecossistemas Nordestinos. Nupeea, Recife, pp. 209-234.
- 407 20. Xavier, R.A., Dornellas, P.C., Maciel, J.S., Bú, J.C., 2012. Caracterização do regime
408 fluvial da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba – PB. Rev. Tamoios 2, 15-28.
- 409 21. Moura-Júnior, E.G., Lima, L.F., Silva, S.S.L., Paiva, R.M.S., Ferreira, F.A., Zickel,
410 C.S., Pott, A., 2013. Aquatic macrophytes of Northeastern Brazil: Checklist, richness,
411 distribution and life forms. Checklist 9, 298-312, ISSN 1809-127X.
- 412 22. Moro, M.F., Sousa, D.J.L., Matias, L.Q., 2014. Rarefaction, richness estimation and
413 extrapolation methods in the evaluation of unseen plant diversity in aquatic ecosystems.
414 Aquatic Botany 117, 44-51, doi:10.1016/j.aquabot.2014.04.006
- 415 23. Azevêdo, D.J.S., Barbosa, J.E.L., Porto, D.E., Gomes, W.I.A., Molozzi, J., 2015.
416 Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the
417 trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses?
418 Ecological Indicators 50, 135-149, doi: 10.1590/S2179-975X2914
- 419 24. Sabino, J.H.F., Araújo, E.S., Cotarelli, V.M., Siqueira Filho, J.A., Campelo, M.J.A.,
420 2015. Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas
421 aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. Natureza on line 13, 184-
422 194.

- 423 25. Costa, D.F., Barbosa, J.E.L., Dantas, E.W., 2016. Productivity-diversity relationships
424 in reservoir phytoplankton communities in the semi-arid region of northeastern Brazil.
425 Journal of Arid Environments 129, 64 – 70, 10.1016/j.jaridenv.2016.02.010
- 426 26. Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013.
427 Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, 711–
428 728, doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- 429 27. Braun-Blanquet, J., 1979. Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades
430 vegetales. Blume, Madrid.
- 431 28. Canfield, D.E., Shireman Jr, J.V., Colle, D.E., Haller, W.T., Watkins, I.I.C.E., Maceina,
432 M.J., 1984. Prediction of chlorophylla concentrations in Florida lakes: importance of
433 aquatic macrophytes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41, 497-501.
- 434 29. APHA, AWWA, WPCF, 1992. Standard methods for the examination of water and
435 waste-water. APHA/AWWA/WPCF, New York.
- 436 30. Lacet, J.B.L, Lycarião, T.A., Dantas, E.W., 2014, Community Structure In Aquatic
437 Macrophytes In The Mares Reservoir,Joao Pessoa, Pb. Brazilian Journal of Ecology 16,
438 82 – 88.
- 439 31. Scheffer, M., Van Nes, E.G., 2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative
440 regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Hydrobiologia 584, 455–466,
441 doi: 10.1007/s10750-007-0616-7
- 442 32. Yarrow, M., Marín, V.H., Finlayson, M., Tironi, A., Delgado, L.E., Fischer, F., 2009.
443 The ecology of *Egeria densa* Planchon (Liliopsida: Alismatales): A wetland ecosystem
444 engineer? Revista Chilena de Historia Natural 82, 299-313.
- 445 33. Ng, W.J., Ong, S.L., Kho, K., Tay, S.H., Goh, C.C., 1990. The Effect of *Elodea densa*
446 on Aquaculture Water Quality. Aquaculture 84, 267-276.
- 447 34. Badano, E.I., Bustamante, R.O., Villarroel, E., Marquet, P.A., Cavieris, L.A., 2015.
448 Facilitation by nurse plants regulates community invasibility in harsh environments.
449 Journal of Vegetation Science 26, 756–767, doi: 10.1111/jvs.12274
- 450 35. Thiébaud, G., Martinez, L., 2015. An exotic macrophyte bed may facilitate the
451 anchorage of exotic propagules during the first stage of invasion. Hydrobiologia 746,
452 183–196. doi: 10.1007/s10750-014-1982-6
- 453 36. Von Holle, B., Simberloff, D., 2004. Testing Fox's assembly rule: does plant invasion
454 depend on recipient community structure? Oikos 105, 551 – 563, ISSN 0030-1299.
- 455 37. McCune, B., Cottam, G., 1985. The successional status of a southern wisconsin oak
456 woods. Ecology 66, 1270-1278.

- 457 38. Tanner, C.C., Clayton, J.S., Wells, R.D.S., 1993. Effects of suspended solids on the
458 establishment and growth of *Egeria densa*. *Aquatic Botany* 45, 299-310.
- 459 39. Kosten, S., Jeppesen, E., Huszar, V.L.M., Mazzeo, V., Nes, E., Peeters, E.T.H.M.,
460 Scheffer, M., 2011. Ambiguous climate impacts on competition between submerged
461 macrophytes and phytoplankton in shallow lakes. *Freshwater Biology*, 56: 1540–1553
462 doi:10.1111/j.1365-2427.2011.02593.x
- 463 40. Wetzel, R.G., Likens, G.E., 2000. *Limnological analyses*. Springer-Verlag, New York.
- 464 41. Mormul, R.P., Ahlgren, J., Ekval, M.K., Hansson, L., Brönmark, C., 2012. Water
465 brownification may increase the invasibility of a submerged non-native macrophyte.
466 *Biol Invasions* 14, 2091–2099, doi:10.1007/s10530-012-0216-y
- 467 42. Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E.,
468 Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy,
469 A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L., 2014. IPCC 2014: Climate
470 Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral
471 Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the
472 Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press,
473 New York.
- 474 43. Jiménez, M.A., Jaksic, F.M., Armesto, J.J., Gaxiola, A., Meserve, P.L., Kelt, D.A.,
475 Gutiérrez, J.R., 2011. Extreme climatic events change the dynamics and invasibility of
476 semi-arid annual plant communities. *Ecology Letters* 14, 1227–1235, doi:
477 10.1111/j.1461-0248.2011.01693.x
- 478 44. Gillard, M., Grewell, B.J., Deleu, C., Thiébaud, G., 2017. Climate warming and water
479 primroses: Germination responses of populations from two invaded ranges. *Aquatic
480 Botany* 136, 155–163, doi: 10.1016/j.aquabot.2016.10.001.

ANEXO

Normas para publicação na Aquatic Botany

DESCRIPTION

Aquatic Botany offers a platform for papers relevant to a broad international readership on fundamental and applied aspects of aquatic macroscopic plants in a context of ecology or environmental biology. This includes molecular, biochemical and physiological aspects of macroscopic aquatic plants as well as the classification, structure, function, dynamics and ecological interactions in plant-dominated aquatic communities and ecosystems. It is an outlet for papers dealing with research on the consequences of disturbance and stressors (e.g. environmental fluctuations and climate change, pollution, grazing and pathogens), use and management of aquatic plants (plant production and decomposition, commercial harvest, plant control) and the conservation of aquatic plant communities (breeding, transplantation and restoration). Specialized publications on certain rare taxa or papers on aquatic macroscopic plants from under-represented regions in the world can also find their place, subject to editor evaluation. Studies on fungi or microalgae will remain outside the scope of Aquatic Botany unless these organisms are in relation to macroscopic aquatic plants. Interesting for further reading: Editorial: What is a plant? and what is aquatic botany?

EDITORIAL BOARD

Editors-in-Chief:

Elisabeth M. Gross, Université de Lorraine, Metz, France

Thomas Wernberg, University of Western Australia, Crawley, Western Australia, Australia

Jorge Miguel Terrados, IMEDEA (Institut Mediterrani d'Estudis Avançats), Spain

Honorary Editor:

George Bowes, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

Consulting Editor:

Cornelis den Hartog, Nijmegen, Netherlands

Editorial Advisory Board:

Jean Armstrong, Hull, UK

Sven Beer, Tel Aviv, Israel

Irmgard Blindow, Kloster, Germany

Hans Brix, Aarhus, Denmark

Melinda Coleman, Coffs Harbour, New South Wales, Australia

William Dennison, Cambridge, Maryland, USA
John Eaton, Liverpool, UK
Sabine Hilt, Berlin, Germany
Michiel Hootsmans, Nieuwegein, Netherlands
Donald Les, Storrs, Connecticut, USA
Stephen Maberly, Ambleside, UK
Erik-Jan Malta, Cadiz, Spain
Nuria Marba, Esporles (Iles Balears), Spain
Morten Pedersen, Roskilde, Denmark
Gloria Peralta Gonzalez, Puerto Real Cadiz, Spain
Tenna Riis, Risskov, Denmark
Fred Short, Durham, New Hampshire, USA
Brian Sorrell, Aarhus, Denmark
Mads Thomsen, Christchurch, New Zealand
John Titus, Binghamton, New York, USA
Brigitta van Tussenbroek, Ciudad Universitaria, Mexico
Li Wei, Wuhan, Hubei, China

INTRODUCTION

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of plant-dominated aquatic communities and ecosystems, as well as molecular biochemical and physiological aspects of aquatic plants. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Short Communications
4. Letters to the Editor

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. Review articles should cover

subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited. A Short Communication Results and discussion can be combined in a short communication, while they should be separate sections in regular papers. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 3500 words including references, 2 figures or 2 tables or one of each Letters to the Editor offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief. Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (<http://www.gbif.org>) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (<http://www.freshwaterbiodiversity.eu>)"

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details. Ensure that the following items are present: One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- Relevant declarations of interest have been made

- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication. Declaration of interest. All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. More information. Submission declaration and verification Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors before submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only before the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the corresponding author: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all

authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors after the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases. For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license. AUTHOR INFORMATION PACK 3 Dec 2016 www.elsevier.com/locate/aquabot 5

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information. Elsevier supports responsible sharing Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Funding body agreements and policies Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with

their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the OpenAccess Publication Fee. Details of existing agreements are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer 630 review criteria and acceptance standards. For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following

Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY) Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, 634 adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article. The open access publication fee for this journal is USD 3300, excluding taxes. Learn more 644 about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of 647 green open access options available. We recommend authors see our green open access page 648 for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the

version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more. This journal has an embargo period of 24 months.

Elsevier Publishing Campus

The Elsevier Publishing Campus (www.publishingcampus.com) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

Language services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review. Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and postsubmission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://support.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail. Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/aqbot/>

Referees

Please submit, with the manuscript, the names and e-mail addresses of 4 potential referees.

Page charges

Aquatic Botany has no page charges.

PREPARATION

Use of wordprocessing software. It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. The document must have line numbers inserted. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.
- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required, no longer than 250 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is

often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, nonstandard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view Example Graphical Abstracts on our information site. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.). Formatting of funding sources List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements: Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, 784 yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding. If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.

- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file. A detailed guide on electronic artwork is available. You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format. Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the

illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged. A DOI can be used to cite and link to electronic articles where an article is in-press and full citation details are not yet known, but the article is available online. A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is:

VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <http://dx.doi.org/10.1029/2001JB000884i>.

Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. This identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/aquatic-botany>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice. Free Reference Style There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination

must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following example:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1.<http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference style

Text:

All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically. List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication. Use the following system for arranging your references:

a. For periodicals

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical

Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3 14.c.

For books

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam. d.

For multi-author books

Bucke, D., 1989. Histology. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York, pp. 69-97. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained.

However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added. Work

accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press". References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material can support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Please note that such items are published online exactly as they are submitted; there is no typesetting involved (supplementary data supplied as an Excel file or as a PowerPoint slide will appear as such online). Please submit the material together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. If you wish to make any changes to supplementary data during any stage of the process, then please make sure to provide an updated file, and do not annotate any corrections on a previous version. Please also make sure to switch off the 'Track Changes' option in any Microsoft Office

files as these will appear in the published supplementary file(s). For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-980 mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper. Google Maps and KML files KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. More information.